

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 07 501 A 1

51 Int. Cl. 6:
B 62 D 23/00
B 62 D 25/04
B 62 D 25/06

21 Aktenzeichen: P 44 07 501.4
22 Anmeldetag: 7. 3. 94
43 Offenlegungstag: 14. 9. 95

DE 44 07 501 A 1

71 Anmelder:
Adam Opel AG, 65428 Rüsselsheim, DE

72 Erfinder:
Boldt, Martin, Dr.-Ing., 65468 Trebur, DE; Süss, Uwe,
Dipl.-Ing., 64367 Mühlital, DE

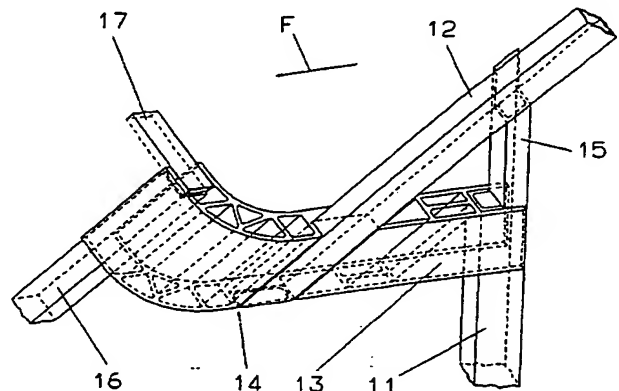
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 42 05 591 A1
DE 42 04 826 A1
DE 41 39 305 A1
DE 41 38 392 A1
US 49 88 230
EP 05 68 213 A1
EP 05 47 346 A1

PESTER, Wolfgang: »Space Frame« offeriert leichte
Pkw. In: VDI nachrichten, 1993, Nr.38, S.10;

54 Tragstruktur einer PKW-Karosserie

57 Es handelt sich um eine Tragstruktur einer PKW-Karosserie, die im wesentlichen aus stranggepreßten Leichtmetallträgern besteht, wobei winklig miteinander zu verbindende Leichtmetallträger (11, 12, 16, 17) unter Zwischenschaltung von Knotenelementen (13) miteinander verschweißt sind, und die Knotenelemente (13) ebenfalls aus stranggepreßten Leichtmetallprofilen zugeschnitten sind und an seitlichen Flächen der zu verbindenden Leichtmetallträger (11, 12, 16, 17) anliegen.



DE 44 07 501 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 95 508 037/100

8/31

Die Erfindung bezieht sich auf eine Karosserie eines Personenkraftwagens mit einer Tragstruktur, welche im wesentlichen aus stranggepreßten Leichtmetallträgern besteht. Solche Tragstrukturen zeichnen sich insbesondere durch eine geringe Masse aus, woraus Kraftstoffeinsparungen resultieren.

Bekannt sind Karosserien der o. g. Art beispielsweise aus der DE-OS 41 39 306. Hier werden Trägerverbindungen durch Knotenelemente stabilisiert, wobei die Knotenelemente dickwandige Gußknoten sind. So soll ein steifer Verband insbesondere kritische Schwachstellen im Bereich des Fahrzeugdachs belastbarer machen. Die Fertigung der Gußknoten ist aufwendig und teuer. Eine Vielzahl verwendeter Gußknoten erhöht die Masse der Karosserie und verschlechtert ihre Wiederverwertbarkeit für vergleichbare Anwendungsfälle. Da die Recyclingfähigkeit bei Leichtmetallkarosserien als besonderer Vorteil zu werten ist, werden hier die größten Effekte erzielt, wenn möglichst keine grundlegend verschiedenen Legierungen zum Einsatz kommen. Dies ist aber gegeben, wenn einerseits Strangpreßprofile und andererseits Gußknoten zum Einsatz kommen.

Die Stabilität einer PKW-Tragstruktur wird wesentlich bestimmt durch die Art und Weise der Verbindung der einzelnen Träger. Wie in der DE-OS 41 39 306 ausgeführt, ist es ratsam, daß die Träger das Knotenelement zumindest in einem Teilbereich überdecken, also die Träger seitlich am Knotenelement anliegen. So soll eine breite Basis für die Verbindung zur Verfügung stehen. In letzter Konsequenz realisiert ist dies aber nach dem o. g. Stand der Technik nicht, da ein Träger immer mit einer endseitigen Stirnfläche am Knotenelement anliegt. Dies wird umso problematischer, wenn relativ schlanke Träger mit nur kleiner Stirnfläche zu verbinden sind. Ein Knotenelement sollte nie unmittelbar im Eckbereich zweier zu verbindender Träger angeordnet sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbindung von Leichtmetallträgern innerhalb einer PKW-Karosserie zu schaffen, die kostengünstig herstellbar ist, keine Nachteile bezüglich der Recyclingfähigkeit mit sich bringt, die hohen Belastungen Stand hält und die universell an vielen Stellen der Tragstruktur nutzbar ist. Eine spezielle Aufgabe der Erfindung ist es, die Verbindung zwischen einer A-Säule und einem Dachrahmenträger im Hinblick auf die o. g. Kriterien optimal zu gestalten.

Zur Lösung dieser Aufgaben zeichnet sich die Tragstruktur der PKW-Karosserie durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1 und 3 aus. Weitere Gestaltungsmerkmale ergeben sich aus den Patentansprüchen 2 sowie 4 bis 10.

Winklig miteinander zu verbindende Leichtmetallträger aus Strangpreßprofilen werden unter Zwischenschaltung von Knotenelementen miteinander verschweißt, wobei die Knotenelemente ebenfalls aus stranggepreßten Leichtmetallprofilen zugeschnitten sind und an seitlichen Flächen der zu verbindenden Leichtmetallträger anliegen. Ein so entstehender Verbund in Dreiecksform kann präzise hergestellt werden und ist hochbelastbar. Die Strangpreßrichtung des Knotenelementes wird derart ausgerichtet, daß sie etwa parallel zu einer von den Leichtmetallträgern gebildeten Ebene verläuft. Das Knotenelement kann auf beide zu verbindende Leichtmetallträger aufgeschuht werden. Es ist aber auch möglich und vorteilhaft, das Knotenele-

ment nur auf einen der Leichtmetallträger aufzuschuhen und den anderen Leichtmetallträger an das Knotenelement anzulegen oder ihn in das Profil des Knotenelementes einzuführen. Das heißt praktisch, daß die Strangpreßrichtung des Knotenelementes etwa parallel zur Strangpreßrichtung eines der Leichtmetallträger verlaufen kann. Bei der letztgenannten Gestaltungsvariante ist die Querschnittsfläche des Knotenelementes bereichsweise komplementär zu der Querschnittsfläche des Leichtmetallträgers auszugestalten, dessen Strangpreßrichtung etwa parallel zu der des Knotenelementes ausgerichtet ist. Neben dem Vorteil der guten Kraftverteilung innerhalb der Verbindungsstelle ist von besonderer Bedeutung, daß die Knotenelemente aus dem gleichen Material wie die Leichtmetallträger gefertigt sein können. Sie sind somit besonders gut schweißbar und absolut problemlos recycelbar. Insbesondere können annähernd gleiche Aluminiumlegierungen Anwendung finden.

Aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten für die konkrete Form der Knotenelemente ist es möglich, weitere Leichtmetallträger der Tragstruktur an dasselbe Knotenelement anzubinden. Diese Knotenelemente erfüllen aber immer eine Hauptaufgabe — die sichere Verbindung zweier Leichtmetallträger. Dabei ist es unwesentlich, ob es sich um Eckverbindungen oder beispielsweise um T-Verbindungen handelt.

Die detaillierte Beschreibung der Erfindung erfolgt anhand von Ausführungsbeispielen, wobei in den Fig. 1 und 2 ungünstig gestaltete, der vergleichenden Betrachtung dienende Beispiele gezeigt sind, die nicht Inhalt der Erfindung sind. In den weiteren Zeichnungen zeigt:

Fig. 3 eine T-Verbindung von zwei Leichtmetallträgern der Tragstruktur einer PKW-Karosserie;

Fig. 4 die Verbindung einer A-Säule mit einem Dachrahmenträger in einer Seitenansicht;

Fig. 5 Schnitt V-V aus Fig. 4 in vergrößertem Maßstab;

Fig. 6 perspektivische Ansicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei eine A-Säule, ein Dachrahmenträger, ein weiterer Stützträger und ein Scheibenquerträger an einem Knotenelement verschweißt sind.

In Fig. 1 ist eine Verbindungsstelle von Leichtmetallträgern innerhalb der Tragstruktur einer PKW-Karosserie dargestellt. Die hier gezeigte Art der Verbindung ergibt sich aus der eingangs beschriebenen DE-OS 41 39 306. Eine A-Säule 1 ist als Leichtmetallträger, insbesondere als Aluminium-Strangpreßprofil ausgeführt und mit einem Dachrahmenträger 2 verbunden, der ebenfalls aus einem Strangpreßprofil gefertigt ist. Ein Knotenelement 3 liegt seitlich an dem Dachrahmenträger 2 an und stützt sich zusätzlich an der endseitigen Schnittfläche der A-Säule 1 ab. Das Knotenelement 3 besteht aus Leichtmetallguß und damit aus anderem Material als die A-Säule 1 bzw. der Dachrahmenträger 2. Die Fertigung des Knotenelementes 3 ist aufwendig. Das Knotenelement selbst stellt eine zum Ansatz an den Dachrahmenträger 2 passende Verlängerung der A-Säule 1 dar. Die Verschweißung des Knotenelementes 3 an der A-Säule 1 erfolgt über nahezu die gesamte Breite der Stirnfläche der A-Säule 1. Am Dachrahmenträger 2 wird das Knotenelement 3 nur abschnittsweise verschweißt, um Dehnungen oder Stauchungen zuzulassen.

In Fig. 2 ist ein Knotenelement 4 gezeigt, das stirnseitig auf die A-Säule 1 und den Dachrahmenträger 2 aufgeschuht ist, wobei das Knotenelement 4 ebenfalls aus

einem stranggepreßten Leichtmetallprofil gefertigt ist, was prinzipiell von Vorteil ist. Diese Trägerverbindung ist aber nur schwach belastbar, da die Strangpreßrichtung des sehr kurzen Knotenelementes 4 etwa senkrecht auf einer Ebene steht, die von der A-Säule 1 und dem Dachrahmenträger 2 gebildet wird. Das Profil müßte sehr dickwandig gefertigt und mit vielen Verstrebungen versehen werden, um die notwendige Stabilität aufzuweisen. Dadurch wird es aber zu schwer. Ein so angeordnetes Knotenelement 4 ist nur dann sinnvoll verwendbar, wenn definierte Knautschzonen geschaffen werden sollen.

Fig. 3 zeigt einen äußerst vorteilhaft gestalteten Ausschnitt der Tragstruktur einer PKW-Karosserie, wobei es sich hier um eine T-Verbindung zweier Leichtmetallträger 5, 6 handelt. Ein Knotenelement 7 ist an beiden Leichtmetallträgern 5, 6 verschweißt, wobei zusätzlich der Leichtmetallträger 6 an einer Seitenwand des Leichtmetallträgers 5 verschweißt ist. Die Strangpreßrichtung des Knotenelementes 7 liegt in einer von den Leichtmetallträgern 5, 6 gebildeten Ebene. Das Profil des Knotenelementes 7 ist derart ausgerichtet, daß ein Aufschuhen auf Seitenflächen beider Leichtmetallträger 5, 6 möglich ist. Der so gebildete Dreiecksverbund verringert die Belastungen im unmittelbaren Eckbereich beider Leichtmetallträger 5, 6. Aufzunehmende Kräfte werden auf drei Schweißbereiche verteilt und das Knotenelement 7 bewirkt als Zug-Druck-Stab eine hohe Steifigkeit der Verbindung. Alle Schweißzonen befinden sich an gut zugänglichen Bereichen und die Schweißung kann unproblematisch erfolgen, da gleiche Materialien zu verschweißen sind.

In den Fig. 4 und 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, wobei es sich um die Verbindungsstelle zweier Leichtmetallträger, insbesondere einer A-Säule 8 mit einem Dachrahmenträger 9 handelt. Die A-Säule 8 ist etwa senkrecht stehend angeordnet und ihr oberes Ende ist mit dem winklig zur A-Säule 8 ausgerichteten Dachrahmenträger 9 zu verbinden. Auch diese Trägerverbindung wurde so gestaltet, daß Kräfte sich nicht (wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt) im unmittelbaren Kreuzungsbereich der Leichtmetallträger konzentrieren. Der Dachrahmenträger 9 ist gegenüber den eingangs beschriebenen Beispielen nach vorne verlängert bzw. die A-Säule 8 ist nach hinten versetzt. Somit handelt es sich nicht mehr um eine Eckverbindung, sondern um eine schiefwinklige T-Verbindung. Durch ein (in Fahrtrichtung) vor der A-Säule 8 angeordnetes Knotenelement 10 entsteht ein in Dreiecksform verschweißter Verbund mit optimalen Eigenschaften. Die Strangpreßrichtung des wiederum stranggepreßten Leichtmetall-Knotenelementes 10 liegt etwa in der von der A-Säule 8 und dem Dachrahmenträger 9 gebildeten Ebene und ist in diesem Ausführungsbeispiel auch parallel zur Strangpreßrichtung des Dachrahmenträgers 9 ausgerichtet. Das Knotenelement 10 hat ein Profil, das bereichsweise komplementär zum Profil des Dachrahmenträgers 9 geformt ist. Wie insbesondere aus Fig. 5 deutlich wird, befindet sich das Profil des Knotenelementes 10 im Eingriff mit einer unteren Profilfläche des Dachrahmenträgers 9. So ist eine sehr genaue Positionierung des Knotenelementes 10 am Dachrahmenträger 9 (der Teil eines Dachrahmenmoduls sein kann) möglich und die Verschweißung kann mit geringem Aufwand erfolgen. Das Knotenelement 10 ist auf die A-Säule 8 aufgeschuht und auch dort verschweißt, wobei die Endkante des Knotenelementes 10 schräg (wie in Fig. 4 gezeigt) oder parallel (wie in Fig. 3 gezeigt) zur

Strangpreßrichtung der A-Säule 8 verlaufen kann. Die Verschweißung in Strangpreßrichtung der A-Säule 8 bringt Vorteile bezüglich des Schweißverzuges mit sich.

Die Querschnittsfläche der A-Säule 8 ist oberhalb des Knotenelementes 10 gegenüber der ursprünglichen Querschnittsfläche dieses Leichtmetallträgers verändert. Da Kräfte hier nicht über nur eine Schweißstelle, sondern über drei Schweißstellen, und das Knotenelement 10 übertragen werden, ist die Belastung der A-Säule 8 oberhalb des Knotenelementes 10 gering. Das Gewicht des Knotenelementes 10 kann im Bereich der oberen A-Säule 8 wieder eingespart werden und der Anschluß der A-Säule 8 an den Dachrahmenträger 9 vereinfacht sich.

Ein komplexer ausgeführtes Beispiel für einen Bereich der Tragstruktur einer PKW-Karosserie ist in Fig. 6 gezeigt. Die hierzu zu nennenden Vorteile gelten auch für das Ausführungsbeispiel nach den Fig. 4 und 5. Eine wiederum etwa senkrecht stehende A-Säule 11 befindet sich auch in Fig. 6 im Verbund mit einem Dachrahmenträger 12. Der Dachrahmenträger 12 ragt in Fahrtrichtung (Pfeil F) über die A-Säule 11 hinweg und ist vor der A-Säule 11 mit einem Knotenelement 13 verschweißt. Der Dachrahmenträger 12 wird in einer Profilausnehmung 14 des Knotenelementes 13, die komplementär zum Profil des Dachrahmenträgers ausgebildet ist, aufgenommen und ist dort verschweißt. Im Verbindungsbereich ist damit also die Strangpreßrichtung des Knotenelementes 13 wieder parallel zur Strangpreßrichtung des Dachrahmenträgers 12 ausgerichtet. Im weiteren Verlauf wurde der Dachrahmenträger 12 gebogen. Das Knotenelement 13 wurde wiederum auf die Seitenflächen der A-Säule 11 aufgeschuht und beidseitig verschweißt. Nur ein Profilkasten 15 der A-Säule 11 ist oberhalb des Knotenelementes 13 direkt mit dem Dachrahmenträger 12 verschweißt. Die Querschnittsfläche der A-Säule 11 ist damit wieder oberhalb des Knotenelementes 13 gegenüber der ursprünglichen Querschnittsfläche verändert. Dies kann den Erfordernissen entsprechend in unterschiedlicher Weise erfolgen. Die Querschnittsfläche kann (wie gezeigt) in Fahrtrichtung F verringert, aber auch quer zur Fahrtrichtung F verändert werden. So ist eine exakte Anpassung des mit dem Dachrahmenträger 12 zu verschweißenden Bereiches der A-Säule 11 an die Form des Dachrahmenträgers 12 möglich. Des weiteren kann die Querschnittsfläche der A-Säule 11 genau den berechneten Belastungen angepaßt werden. Unter Umständen ist es sogar möglich, die A-Säule 11 oberhalb des Knotenelementes 13 enden zu lassen und nicht direkt mit dem Dachrahmenträger 12 zu verschweißen.

Ein durch das Knotenelement 13 hergestellter Dreiecksverbund zwischen der A-Säule 11 und dem Dachrahmenträger 12 bringt wesentliche Vorteile mit sich:

- Kraftverteilung und damit Entlastung der an sich bekannten Eckverbindung A-Säule — Dachrahmenträger;
- einfache Schweißbarkeit;
- kostengünstige Fertigung;
- geringer Aufwand für Änderungen im Design und für die damit verbundene Neugestaltung des Knotenelementes 13;
- vorzügliches Recycling;
- Knotenprofile werden als Halbzeug-Meterware angeliefert und daraus mechanisch bearbeitet;
- Förderung des Systems der Modulbauweise (ein modularer Dachrahmen kann einfach positioniert

und verschweißt werden);

— Anschlußmöglichkeiten für weitere Elemente der Tragstruktur.

Die Strangpreßprofile sind nahezu beliebig gestaltbar, wobei es sich in den Ausführungsbeispielen um Profile aus Aluminiumlegierungen handelt. Alle Leichtmetallträger wie Knotenelemente werden aus Aluminiumlegierungen einer Gruppe gefertigt, sind also vom Werkstoff her nahezu gleich.

Die folgenden Erläuterungen gelten dem weiter oben letztgenannten Vorteil. Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, wurden an das Knotenelement 13 weitere Elemente der Tragstruktur angeschlossen. Das Knotenelement 13 ist derart bogenförmig ausgebildet, daß es von einer etwa fahrtrichtungsparallelen Ausrichtung zu einer zur Fahrzeugmitte hin weisenden Ausrichtung übergeht. Somit sind zusätzlich zu den in etwa einer Ebene liegenden Leichtmetallträgern (A-Säule 11; Dachrahmenträger 12) ein weiterer Stützträger 16 und ein Scheibenquerträger 17 an das Knotenelement 13 ansetzbar. Der Stützträger 16 ist wiederum als Strangpreß-Leichtmetallprofil ausgebildet und seine Strangpreßrichtung verläuft etwa parallel zu der des Knotenelementes 13. Das Profil des Knotenelementes 13 ist bereichsweise komplementär zum Profil des Stützträgers 16 gestaltet, wobei der Stützträger 16 in das Profil des Knotenelementes 13 eingeschoben wurde und dort verschweißt ist. Des weiteren wurde das Knotenelement 13 auf den Scheibenquerträger 17 aufgeschuht. Dieser Scheibenquerträger 17 ist winklig zur Profilrichtung des Knotenelementes 13 ausgerichtet.

Prinzipiell wäre es auch möglich, daß das Knotenelement 13 selbst im Bereich des Stützträgers 16 soweit verlängert ist, daß die Funktion des Stützträgers 16 von einem Profilkasten des Knotenelementes 13 übernommen wird und der Stützträger 16 entfällt. Damit wäre aber ein relativ großer Bearbeitungsaufwand am Knotenelement 13 verbunden, was als Nachteil gegenüber der gezeigten Lösung zu werten ist.

Patentansprüche

1. Tragstruktur einer PKW-Karosserie, die im wesentlichen aus stranggepreßten Leichtmetallträgern besteht, dadurch gekennzeichnet, daß winklig miteinander zu verbindende Leichtmetallträger (5, 6; 8, 9; 11, 12, 16, 17) unter Zwischenschaltung von Knotenelementen (7; 10; 13) miteinander verschweißt sind, wobei die Knotenelemente (7; 10; 13) ebenfalls aus stranggepreßten Leichtmetallprofilen zugeschnitten sind und an seitlichen Flächen der zu verbindenden Leichtmetallträger (5, 6; 8, 9; 10, 12, 16, 17) anliegen.
2. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Knotenelemente (7; 10; 13) auf jeweils beide miteinander zu verbindende Leichtmetallträger (5, 6) aufgeschuht sind oder auf einen der Leichtmetallträger (8; 11; 17) aufgeschuht und derart an dem zweiten Leichtmetallträger (9; 12, 16) gehalten sind, daß die Strangpreßrichtungen dieses Leichtmetallträgers (9; 12, 16) und des Knotenelementes (10; 13) annähernd parallel zueinander verlaufen.
3. Tragstruktur einer PKW-Karosserie, die im wesentlichen aus stranggepreßten Leichtmetallträgern besteht, wobei einer dieser Leichtmetallträger eine etwa senkrecht stehende A-Säule (8; 11) bildet,

die endseitig über ein Knotenelement (10; 13) mit einem winklig zur A-Säule (8; 11) angeordneten Dachrahmenträger (9; 12) verschweißt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Knotenelement (10; 13) aus einem stranggepreßten Leichtmetallprofil zugeschnitten ist und an Seitenflächen der A-Säule (8; 11) und des Dachrahmenträgers (9; 12) anliegt.

4. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Knotenelement (10; 13) auf die A-Säule (8; 11) aufgeschuht und derart am Dachrahmenträger (9; 12) gehalten ist, daß die Strangpreßrichtungen des Dachrahmenträgers (9; 12) und des Knotenelementes (10; 13) etwa parallel zueinander ausgerichtet sind.

5. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Knotenelement auf den Dachrahmenträger aufgeschuht und derart an der A-Säule gehalten ist, daß die Strangpreßrichtungen der A-Säule und des Knotenelementes etwa parallel zueinander ausgerichtet sind.

6. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach den Ansprüchen 1 und 2 sowie 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche des Knotenelementes (10; 13) bereichsweise komplementär zu der Querschnittsfläche des Leichtmetallträgers (9; 12) ausgebildet ist, dessen Strangpreßrichtung annähernd parallel zur Strangpreßrichtung des Knotenelementes (10; 13) verläuft.

7. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach den Ansprüchen 1 und 2 sowie 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leichtmetallträger (5, 6; 8, 9; 11, 12, 16, 17) und die Knotenelemente (7; 10; 13) aus annähernd gleichem Material, insbesondere aus einer annähernd gleichen Aluminiumlegierung bestehen.

8. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach den Ansprüchen 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die A-Säule (8; 11), der Dachrahmenträger (9; 12) und das Knotenelement (10; 13) einen in Dreiecksform verschweißten Verbund bilden, wobei das Dreieck von der A-Säule (8; 11) aus in Fahrtrichtung (F) nach vorne weist.

9. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach den Ansprüchen 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die A-Säule (8; 11) oberhalb des an ihr verschweißten Knotenelementes (10; 13) einen veränderten Querschnitt aufweist.

10. Tragstruktur einer PKW-Karosserie nach den Ansprüchen 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß neben der A-Säule (11) und dem Dachrahmenträger (12) weitere zusätzliche Leichtmetallträger (16, 17) an dem Knotenelement (13) gehalten sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

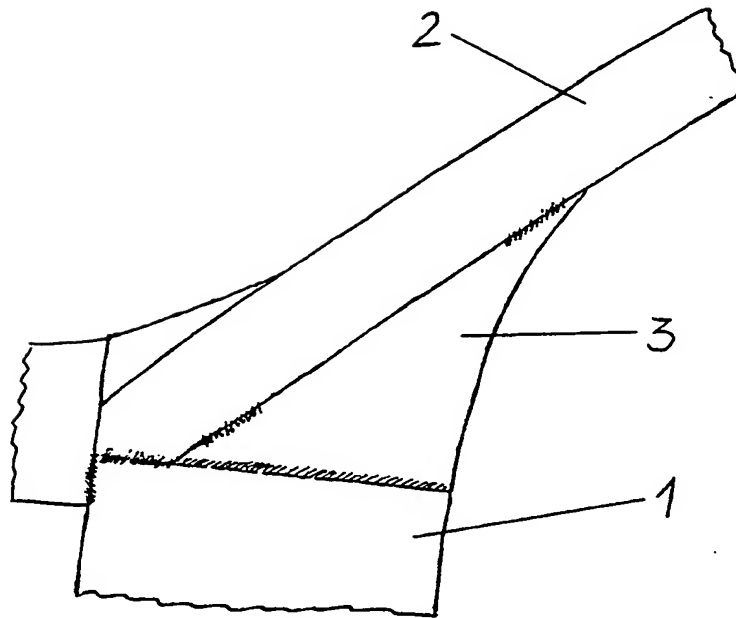
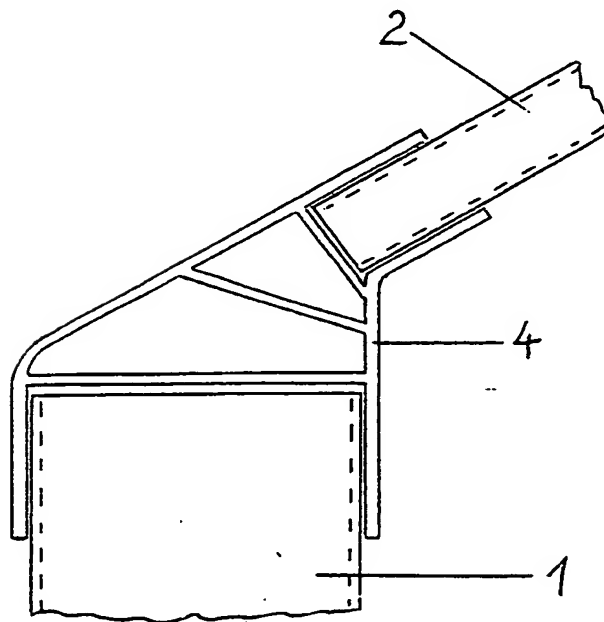


Fig. 2



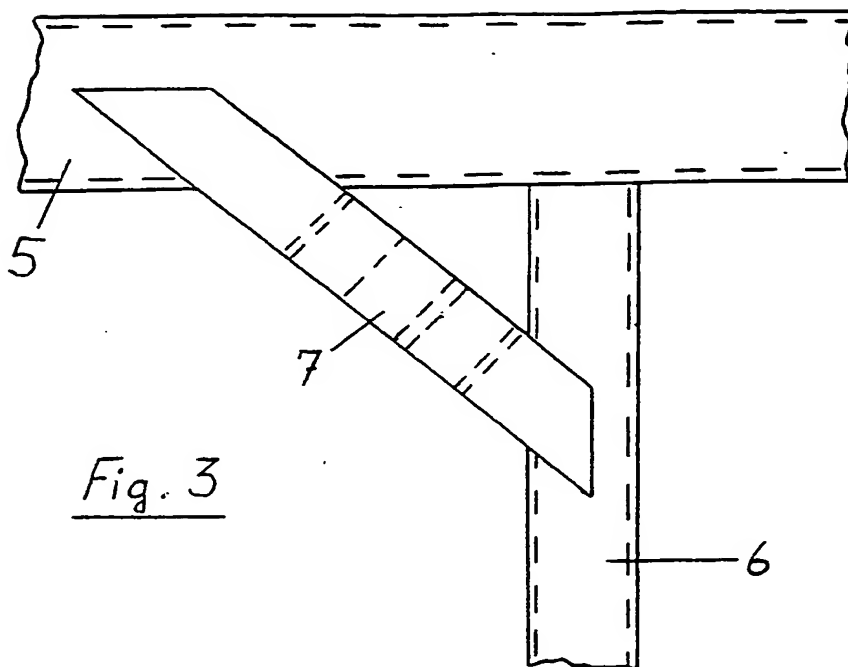


Fig. 3

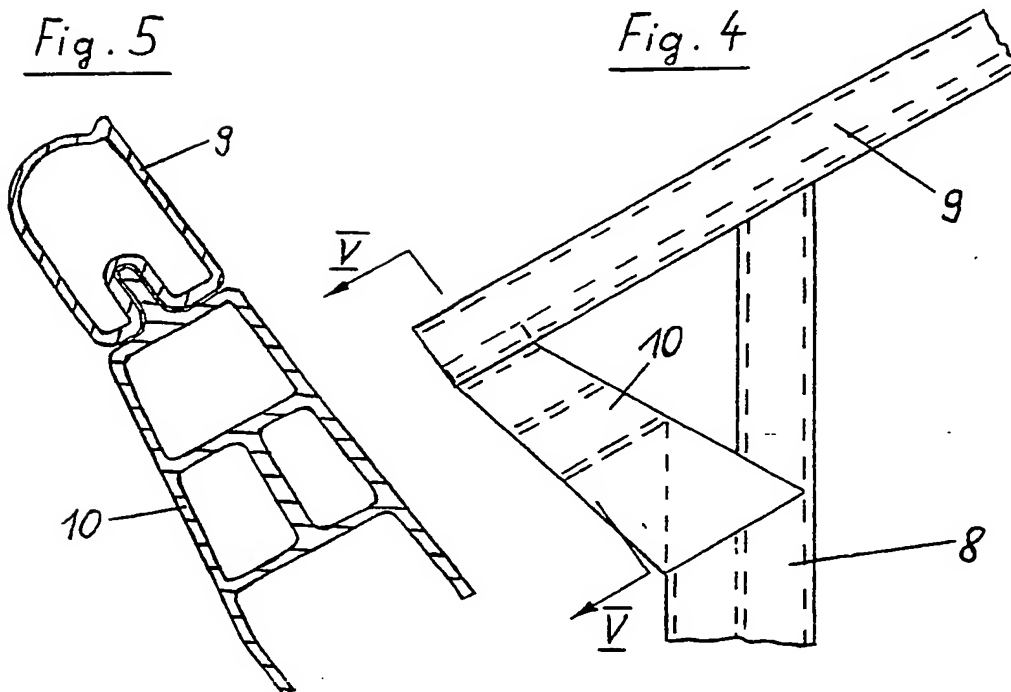


Fig. 5

Fig. 4

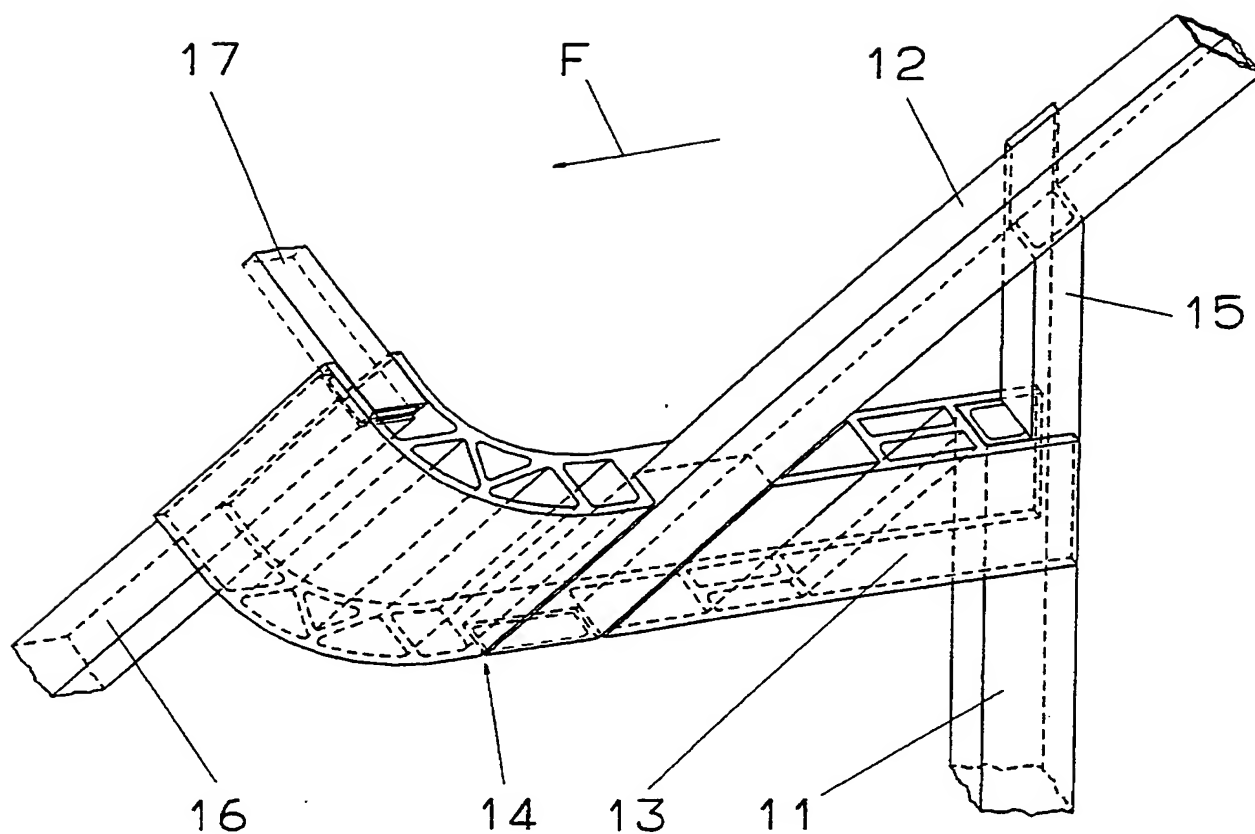


FIG. 6